جامعة حماة
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة الجيوتكنيكية

هندسة الأساسات ٢

المحاضرة ١١:

بحث: الأوتاد

د. كنان زين العابدين

لطلاب السنة الرابعة

(منهاج الدفعة الأولى ٢٠١٩-٢٠٢٠)

مثال 1 وتد بيتوني مطمور بكامل طوله في تربة رملية متجانسة ($\varphi = 35°$; $\gamma_h = 16,8 kN/m^3$) مقطع الوتد مربع طول ضلعه 30سم . المطلوب حساب مقاومة الارتكاز بطريقة مايرهوف.

الحل

بما ان الوتد مطمور بكامله في نوع واحد من التربة وهي متجانسة عموما نعتبر $L_b = L = 12m$.

من منحنيات مايرهوف (شكل 34) : $\varphi = 35° \rightarrow N_q^* \approx 120$

$$Q_p = A_p . q_p = A_p q' . N_q^*$$

$$q' = \gamma . L = 16,8 . 12 = 201,6 \, kN/m^2$$

$$\rightarrow Q_p = (0,3)^2 . 201,6 . 120 = 2177,28 \, kN$$

ومن الشرط

$$Q_p \leq A_p . q_1$$

$$q_1 = 50 . N_q^* . \tan\varphi = 50.120.\tan 35° = 4201,25 kN/m^2$$

$$\rightarrow A_p . q_1 = 4201,25.(0,3)^2 = 378,11 \, kN \approx 379 kN$$

وبما ان $Q_p > A_p . q_1$ فان قيمة Q_p المعتمدة هي : $Q_p = 379 \, KN$

مثال 2 أعد حل المثال السابق بطريقة "فيسك" باعتبار ان قرينة القساوة المخفضة للتربة I_{rr} تساوي 90 .

الحل

بحسب جدول "فيسك"(الجدول 1) وبالتناسب :

$$\varphi = 35° \; ; \; I_{rr} = 90 \rightarrow N_\sigma^* \approx 79$$

$$Q_p = A_p . \sigma_0' . N_\sigma^* \; ; \; \sigma_0' = \frac{1 + 2.k_0}{3} . q'$$

$$k_0 = 1 - \sin\varphi = 1 - \sin 35 = 0,43$$

$$q' = \gamma . L = 16,8 . 12 = 201,6 \, kN/m^2$$

$$\sigma_0' = \frac{1 + 2.0,43}{3} . 201,6 \approx 125 \, kN/m^2$$

$$\rightarrow Q_p = A_p . \sigma_0' . N_\sigma^* = (0,3)^2 . 125 . 79 = 888,79 \cong 889 \, kN$$

مثال 3 أوجد مقاومة الاحتكاك للوتد في المثال السابق باعتبار ان k=1,4 , و δ=0,6.φ.

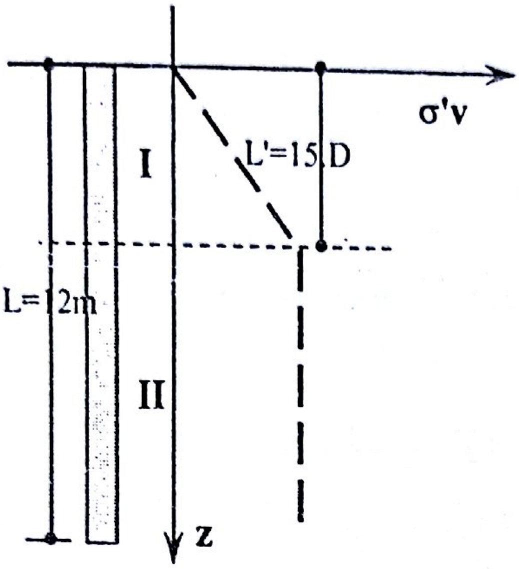
الحل

بما ان الوتد مطمور في تربة مفككة لذلك يكون :

$$f = k.\sigma'_v . \tan \delta$$

وبما ان الطول المطمور هو كامل طول الوتد أي L=12 m اكبر من L'=15.D :

$$L = 12\ m > L' = 15\ .D = 15\ .0,3 = 4,5\ m$$



لذلك ينقسم الطول المطمور للوتد في الطبقة الرملية الى مجالين :

المجال الاول : من 0 الى عمق 4,5م

(يتغير فيه الاجهاد خطياً) وقيمة الاجهاد فيه

$$\sigma'_v = \gamma .z = 16,8.z$$

والمجال الثاني :من عمق 4,5م الى نهاية الطول المطمور عند 12,0م (يكون فيه الاجهاد ثابتاً)

, وقيمته :

$$\sigma'_v = \gamma.z = 16,8.4,5 = 75,6 kN / m^2$$

المجال I :

$$Q_s^I = p.(15.D).f_{av}^I$$
$$= 4.(0,3).(15.0,3).[1/2.(1,4.16,8.4,5.\tan(0,6.35^o)] = 109,7 kN$$

المجال II :

$$Q_s^{II} = p.(L - 15.D).f_{av}^{II}$$
$$= 4.(0,3).(12 - 4,5).1,4.75,6.\tan(0,6.35^o) = 365,65 kN$$

وتكون مقاومة الاحتكاك النهائية مساوية الى :

$$Q_s = Q_s^I + Q_s^{II} = 109,7 + 365,65 = 475,35 \cong 475 kN$$

مثال 4 وتد بيتوني طوله 15م مغمور بالكامل في التربة ويستند في نهايته على طبقة من الحجر الرملي . الوتد مربع المقطع 0,4×0,4م . مقاومة الضغط غير المحصتر للحجر الرملي $70329 kN/m^2$. زاوية الاحتكاك المقاسة 28^o . عامل الامان 4 . أوجد مقاومة الارتكاز .

الحل

$$Q_p = A_p.q_p$$
$$q_p = q_u(.N_\varphi + 1)$$

$$N_\varphi = \tan^2(45+\frac{\varphi}{2}) = \tan^2(45+28/2) = 2,77$$

$$q_u^{\text{التصميمية}} = 0,2 \times (q_u^{\text{المخبرية}})$$

ومنه : $(\text{التصميمية})q_u = 0,2.70329 = 14065,8 kN/m^2$

$$\rightarrow q_p = 14065,8.(1+2,77) = 53028,07\, kN/m^2$$

$$Q_p = (0,4)^2.53028,07 = 8484,5\, kN$$

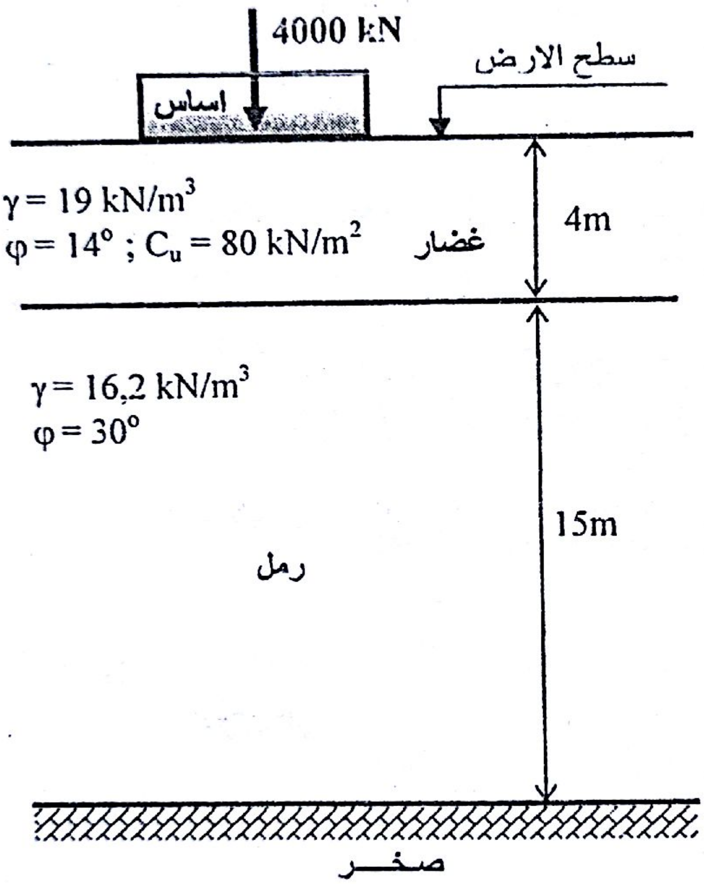
$$Q_{all} = 8484,5/FS \quad ; \quad FS = 4$$

$$\rightarrow Q_{all} = 8484,5/4 \cong 2121\, kN$$

مثال 5 عمود محمل بحمولة مركزية مقدارها 4000 kN (بما فيها وزن الاساس) يرتكز اساسه على ثمانية اوتاد (مقطع الوتد الواحد فيها 0,4× 0,4 م) مطمورة في تربة مقطعها الجيوتكنيكي مبين على الشكل والمطلوب: 1- احسب عمق طمر الاوتاد في الطبقة الرملية بفرض انه اكبر من 15D.

[استخدم طريقة مايرهوف وطريقة α]

افترض عامل الامان 2,5 , وk=1,4 .



الحل

الحمولة المطبقة على الوتد الواحد : Q = 4000/8 = 500kN وتعتبر هي الحمولة المسموحة , ومنه فان الحمولة الحدية : $Q_u = 2,5.500 = 1250kN$

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

أ) **حساب** Q_p : اعتمادا على مايرهوف :

$$Q_p = A_p.q_p = A_p.q'.N_q^*$$

باعتباران طول الوتد المطمور في الرمل L_b اكبر من 10D يكون :

$$q' = 19.4 + 16{,}2.L_b$$

$$\varphi = 30^o \rightarrow N_q^* = 56$$

$$\rightarrow Q_p = 0{,}4^2(76 + 16{,}2.L_b).56$$

$$= 680{,}96 + 145{,}152.L_b$$

ومن الشرط :

$$Q_p \leq Q_1 \quad ; \quad Q_1 = A_p.q_1$$

$$q_1 = 50.N_q^*.\tan\varphi = 50.56.\tan 30$$

$$\rightarrow Q_1 = 258{,}65 \cong 259\ kN < Q_p$$

نأخذ القيمة الصغرى : $Q_p = 259kN$

ب) حساب Q_s :

$$Q_s = Q_{s1} + Q_{s2}$$

حيث Q_{s1} : مقاومة الاحتكاك في الغضار , Q_{s2} : مقاومة الاحتكاك في الرمل

اولاً : في طبقة الغضار :

$$c_u = 80\ kN/m^2 \rightarrow \alpha = 0{,}575$$

$$Q_{s1} = \alpha.c_u.p.l_1 = 0{,}575.80.(4.0{,}4).4 = 294{,}4kN$$

ثانياً : في طبقة الرمل : وبما ان الطول المطمور في الرمل اكبر من 15.D لذلك ينقسم الطول المطمور للوتد الى مجالين II , I الاول من بداية الطبقة الى 15D والثاني من 15D الى نهاية طول الوتد :

$$Q_{s2} = Q_{s2}^{I} + Q_{s2}^{II} = f_2^{I}.p.(15D) + f_2^{II}.p.(l_2 - 15D)$$

$$f_2 = k.\sigma_v'.\tan\delta \quad ; \quad k = 1{,}4 \quad ; \quad \tan\delta = \tan(0{,}6.\varphi) = 0{,}325$$

$$for Depth\ (0 - 15.D) \Rightarrow \sigma_v' = 19.4 = 76{,}0kN/m^2$$

$$for Depth\ (15.D - l_2) \Rightarrow \sigma_v' = 76 + 6.16{,}2 = 173{,}20kN/m^2$$

$$\rightarrow Q_{s2}^{I} = 1{,}4.(0.5*(76 + 173{,}2)).0325.(4.0{,}4).(15.0{,}4)$$

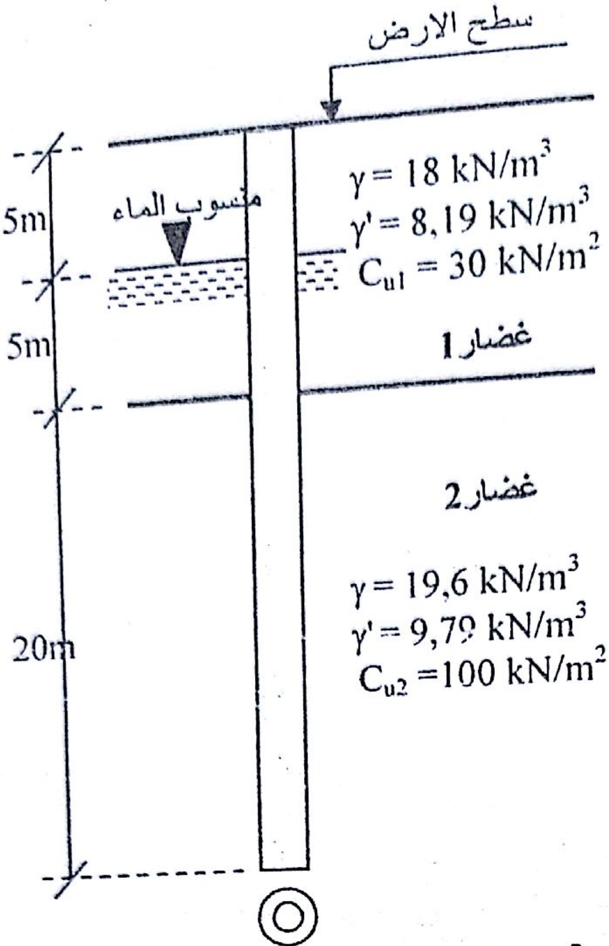
$$Q_{s2}^{II} = 1{,}4.173{,}2.0{,}325.(4.0{,}4)(l_2 - 6)$$

$$\rightarrow Q_{s2} = -212{,}25 + 126{,}09.l_2$$

وبالتعويض :

$$1250 = 259 + 294{,}4 - 212{,}25 + 125{,}06.l_2$$

$$\rightarrow l_2 = 7{,}27 \cong 7{,}30\ m$$



مثال 6 وتد انبوبي مدقوق في التربة قطره الخارجي 40,6سم وسماكة جداره 6,35مم والمطلوب 1- احسب قدرة تحمل الوتد على الارتكاز (وفق مايرهوف) .
2- احسب قدرة تحمل الوتد على الاحتكاك باستخدام الطرق γ , β , α .وذلك باعتبار ان $\varphi_R=30^0$ وان الغضار من عمق 0-10م مشدد طبيعياً ومن عمق 10-30م فوق مشدد , و OCR=2 .

الحل

أ) الطلب الاول :

مساحة المقطع العرضي للوتد $A_p = \pi/4.D^2 = \pi/4.(0{,}406)^2 = 0{,}1295 m^2$ بما فيه التربة داخله .

$$Q_p = A_p.q_p$$
$$q_p = N_c^*.c_{u2} = 9.100 = 900\ kN/m^2$$
$$\rightarrow Q_p = 900\ .0{,}1295 = 116{,}55\ kN$$

لاحظ ان الغضار مشبع وان زاوية الاحتكاك معدومة .

ب) الطلب الثاني :

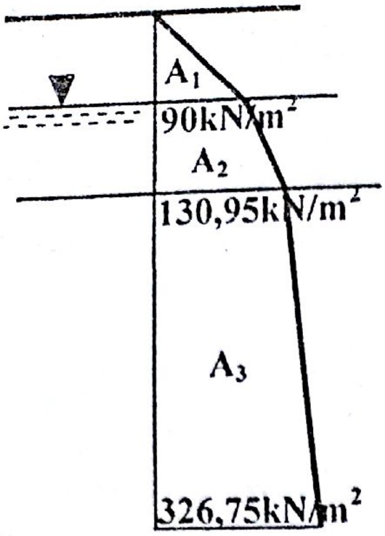
اولاً : طريقة α

$$Q_s = \alpha_1.c_{u1}.p.l_1 + \alpha_2.c_{u2}.p.l_2$$
$$c_{u1} = 30 \rightarrow \alpha_1 = 1 \quad ; \quad c_{u2} = 100 \rightarrow \alpha_2 = 0{,}5$$
$$Q_s = (\pi.0406).(1.30.10 + 0{,}5.100.20) = 1658{,}13\ kN$$

ثانياً : طريقة λ

يحسب ويرسم مخطط الاجهاد الفعال :

$$\sigma_1' = 18.5 = 90\ kN/m^2$$
$$\sigma_2' = \sigma_1' + 8{,}19.5 = 130{,}95\ kN/m^2$$
$$\sigma_3' = \sigma_2' + 9{,}79.20 = 326{,}75\ kN/m^2$$



$$Q_s = p.L.f_{av} \; ; \; f_{av} = \lambda.(\overline{\sigma}'_v + 2.\overline{c}_u)$$

$$\sigma'_v = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{L} = \frac{225 + 552,38 + 4577}{30}$$

$$= 178,48 kN / m^2$$

$$\overline{c}_u = \frac{c_{u1}.l_1 + c_{u2}.l_2}{L} = \frac{30.10 + 100.20}{30}$$

$$= 76,7 kN / m^2$$

وبحسب المنحني : $L = 30m \rightarrow \lambda = 0,14$

ومنه :

$$f_{av} = 0,14.(178,48 + 2.76,7) = 46,46 kN / m^2$$

$$\rightarrow Q_s = (\pi.0,406).30.46,46 = 1777,8 kN$$

ثالثاً : طريقة β

$$Q_s = f_1.p.l_1 + f_2.p.l_2 + f_3.p.l_3 \quad ; \quad f = \beta.\overline{\sigma}'_v$$

للطبقة 1 : من 0– 5م :

$$\beta_1 = k.\tan\phi_R = (1 - \sin\phi_R).\tan\phi_R$$

$$\overline{\sigma}'_{v1} = \frac{1}{2}.(0 + 90) = 45 kN / m^2$$

$$\rightarrow f_1 = (1 - \sin 30).\tan 30.45 = 12,99 kN / m^2$$

للطبقة 2 : من 5– 10م :

$$\beta_2 = (1 - \sin\phi_R).\tan\phi_R$$

$$\overline{\sigma}'_{v2} = \frac{1}{2}.(90 + 130,95) = 110,475 kN / m^2$$

$$\rightarrow f_2 = (1 - \sin 30).\tan 30.110,475 = 31,89 kN / m^2$$

للطبقة 3 : من 10– 30م :

$$\beta_3 = (1 - \sin\phi_R).\tan\phi_R.\sqrt{OCR}$$

$$\overline{\sigma}'_{v3} = \frac{1}{2}.(130,95 + 326,75) = 228,85 kN / m^2$$

$$\rightarrow f_3 = (1 - \sin 30).\tan 30.\sqrt{2}.228,85 = 93,476 kN / m^2$$

ومنه :

$$Q_s = p.(f_1.l_1 + f_2.l_2 + f_3.l_3)$$

$$= (\pi.0,406).(12,99.5 + 31,89.5 + 93,476.20) = 2670,77 kN$$

بمقارنة الطرق الثلاث السابقة نجد ان الطريقتين α و λ تعطيات نتائج متقاربة لذلك يؤخذ متوسطهما :

$$Q_s = 1/2.(1653{,}13 + 1777.8) = 1717{,}965 kN$$

لذلك تكون المقاومة الحدية للوتد مساوية الى :

$$Q_u = Q_p + Q_s = 116{,}55 + 1717{,}965 = 1834{,}515 kN$$

$$\rightarrow Q_{all} = Q_u / FS = 1834{,}515 / 4 = 458{,}63 kN$$